

GESTALTUNG DER NIEDERSCHLAGSZUVERSICHT IM EINZUGSGEBIET DER DONAU

von G. PÉCZELY

Summary: (Pattern of Precipitation Security on the Catchment Area of the Danube.) In the paper it is pointed out that the investigation of the annual variation and of the geographical distribution within a given region of any statistical quantity describing the variations of the monthly and annual precipitation amounts is indicating the variation in the roles that the various climatical centres of action are exhibiting in the course of a year. A parameter designed by B is introduced (equation 5) which is equal to the quotient of the values derived from a given series of precipitation data possessing a probability of 5% or, respectively, of 10%. The main features of the temporal and special pattern of this quotient are studied by using data from 110 stations from the catchment area of the Danube possessing a rather long series of observations.

Zusammenfassung: In der Arbeit wird darauf hingewiesen, dass eine statistische Kenngrösse, welche zur Beschreibung des Jahresganges und der geographischen Verteilung innerhalb eines gegebenen Gebietes der Veränderlichkeit der jährlichen und monatlichen Niederschlagssummen dient, eine Aufklärung betreffend der von Jahr zu Jahr veränderlichen Rolle der verschiedenen klimatologischen Aktionszentren bietet. Es wird ein Parameter B (mit Hilfe der Formel 5) eingeführt, der gleich dem Quotienten der aus einer gegebenen Niederschlagsreihe abgeleiteten Werten von 10% und 90% Wahrscheinlichkeit ist. Die wesentlichen Züge der Verteilung der Werte dieses Quotienten in Raum und Zeit werden untersucht auf Grund der Angaben von 110 Stationen im Einzugsgebiete der Donau, welche über eine langjährige Beobachtungsreihe verfügen.

1. einleitung

Die Niederschlagszuversicht eines Teiles des Jahres kann durch die *Veränderlichkeit* derselben Periode ausgedrückt werden. Für eine objektive zahlenmässige Charakterisierung der Veränderlichkeit wird irgendein *Streuungsparameter* verwendet. Bei der Auswahl des betreffenden Streuungsparameters muss man sich mit entsprechender Ausführlichkeit ein Bild darüber verschaffen, was für einem Verteilungstyp die Elemente der zur Verarbeitung verwendeten statistischen Probe angehören, und es muss sorgfältig erwogen werden, worin der Zweck besteht, für welchen die Veränderlichkeit durch objektive Kenngrössen angegeben werden soll.

Nun seien die Niederschlagssummen einer vorgegebenen Periode (z. B. des Monats Januar) in den aufeinanderfolgenden Jahren

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n$$

dann ist der in der Mathematischen Statistik am häufigsten verwendete Streuungsparameter die *Quadratische Streuung*, d. h.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

wobei \bar{x} das arithmetische Mittel der Zahlenreihe bedeutet.

Wesentlich einfacher ist die Herstellung eines anderen Streuungsparameters, der *Variationsbreite*, welche gleich der Differenz des höchsten und des niedrigsten Wertes ist, welche innerhalb der statistischen Probe vorkommen:

$$T = x_{\max} - x_{\min} \quad (2)$$

Nun ersieht man aber, dass die *Variationsbreite* nur eine ziemlich unsichere Abschätzung der Streuung der Elemente der statistischen Probe liefert, zumal ihre Grösse durch die beiden Extremwerte bestimmt wird, welche durch zufallsmässige Wirkungsfaktoren stark beeinflusst werden.

Man erhält eine mehr zuverlässige Information über der Streuung, wenn man eine ausführlichere Untersuchung über der *empirischen Verteilung* der Zahlenreihe vornimmt. Werden die Elemente der statistischen Probe nach ihrer Grösse geordnet, so können dieselben Werte $x(p)$ festgestellt werden, deren Übertreffungswahrscheinlichkeit gleich p ist. Die Differenz zwischen Oberquartil ($p = 25\%$) und Unterquartil ($p = 75\%$) liefert die *Interquartilbreite*, die auch ein gebräuchliches Streuungsparameter darstellt:

$$Q = x(25) - x(75) \quad (3)$$

Der Vorteil dieser Grösse gegenüber der Quadratischen Streuung besteht darin, dass während die Quadratische Streuung streng genommen nur im Falle einer Normalverteilung zur Charakterisierung der Verteilung verwendet werden kann, die Interquartilbreite auch bei einer jeden beliebigen Verteilung eine konkrete Information liefert, denn ein Intervall von der Breite Q enthält 50% der Elemente der statistischen Probe. Bekanntlich besitzen die monatlichen Niederschlagssummen eine Verteilung, welche ziemlich stark von der Normalverteilung abweicht, somit ist die Verwendung der Interquartilbreite als Streuungsparameter im Falle von Niederschlagsreihen besonders angezeigt.

Auf Grund einer ähnlichen Überlegung kann auch die *Variationsbreite* für die Wahrscheinlichkeitswerte $p = 10\%$ und $p = 90\%$ angegeben werden:

$$D = x(10) - x(90) \quad (4)$$

deren weiterer Vorteil gegenüber von (3) darin besteht, dass man über ein grösseres Gebiet der Verteilung eine Information erhält auf Grund der Werte von $x(10)$ und $x(90)$ welche näher zum Maximum bzw. zum Minimum liegen und auch schon aus kürzeren Beobachtungsreihen mit gebührender Sicherheit festgestellt werden können.

Bei einem arealen Vergleich der Werten der Niederschlagszuversicht erscheint es aus mehreren Gründen als zweckmässig, anstatt der Differenz in

Formel (4) den Quotienten B der beiden Grössen als einen „Sicherheitsfaktor“ zu verwenden:

$$B = \frac{x(10)}{x(90)} \quad (5)$$

Somit zeigt dieser Quotient, was für ein Verhältnis zwischen den Wert mit 10 % Wahrscheinlichkeit, der zum Maximum nahe liegt, und dem Wert mit 90 % Wahrscheinlichkeit, der nahe zum Minimum liegt, besteht. Je geringer dieser Quotient ist, umso grösser ist die Niederschlagszuversicht und je grösser derselbe ausfällt, umso unsicherer ist die Niederschlagsverteilung. Mit anderen Worten: der Quotient B ist proportional der Veränderlichkeit.

2. Zielsetzungen der Untersuchung

Es sollen die zeitliche Veränderung und die geographische Verteilung des durch Formel (5) definierten Parameters der Niederschlagszuverlässigkeit im Einzugsgebiet der Donau untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung liefern einige Beiträge zu einer ausführlicheren Kenntnis der Niederschlagsverhältnisse dieser natürlichen hydrographischen Einheit und werfen ein Licht auf die geographische Verteilung eines Faktors, dessen Kenntnis bei einer pragmatischen Untersuchung der Wasserführung der Flüsse und auch bei der landwirtschaftlichen Planung verwendet werden kann.

Diese Untersuchung beruht auf den Angaben von 110 Stationen, welche auf das Einzugsgebiet der Donau womöglich gleichmässig verteilt sind, und grösstenteils aus der 75-jährigen Epoche 1891—1965 stammen. Von einigen Stationen mussten wir uns, infolge Mangels an Angaben, mit der Verarbeitung einer Angabenreihe die kürzer als 75 Jahre ist, begnügen, die untere Grenze bildeten 60 Jahre. Die Niederschlagsreihen von Stationen, welche Beobachtungen von zumindest 60 Jahren besitzen, bieten eine hinreichend representative statistische Probe dazu, dass man für ein jedes Monat und für ein jedes Jahr die empirischen Verteilungsfunktionen der Niederschlagssummen herstellen kann. Für die Zwecke der weiteren Untersuchungen wurden auf Grund der empirischen Verteilungsfunktionen die Werte $x(5)$, $x(10)$, $x(25)$, $x(50)$, $x(75)$, $x(90)$ und $x(95)$ hergestellt. In der vorliegenden Arbeit sollen nur die hauptsächlichsten Eigenschaften der zeitlichen und räumlichen Veränderungen des Quotienten (5) untersucht werden.

3. Zeitliches System der Niederschlagszuverlässigkeit

Um die hauptsächlichsten Züge der Gestaltung des Quotienten

$$\frac{x(10)}{x(90)}$$

im Laufe des Jahres darzustellen, wurde ein Durchschnittswert aus den Werten der im Raume der Alpen und des Karpatenbeckens liegenden Stationen errechnet und die arealen Durchschnittswerte wurden in *Tabelle I* dargestellt.

Tabelle I.
Areale Durchschnittswerte des Quotienten B

Gebiet	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Alpen	7,3	17,0	7,5	4,0	3,3	2,8	2,6	3,1	4,8	8,2	8,1	6,7
Karpaten- becken	5,7	8,0	8,7	4,8	4,9	4,2	6,0	5,7	7,8	11,3	8,6	5,1

Aus der Tabelle wird es ersichtlich, dass die Gestaltung der Niederschlagszuversicht im Alpengebiet und auch im Karpatenbecken wesentlich die gleiche ist. Höhere Werte des Quotienten, d. h. eine relativ geringste Niederschlagszuversicht hat man am Ende des Winters und am Anfang des Frühjahrs (Februar—März) sowie in der Mitte des Herbstes (Oktober), dagegen erhält man geringere Werte des Quotienten am Anfang und in der Mitte des Sommers (Juni, Juli), und somit besteht zu dieser Zeit die relativ geringste Veränderlichkeit und die höchste Niederschlagszuversicht.

Die geringe Niederschlagszuversicht am Ende des Winters ist in erster Reihe eine Eigenschaft des Alpengebietes, hingegen besitzt im Karpatenbecken eher der Oktober eine geringere Niederschlagszuversicht. Die höhere Niederschlagszuversicht im Sommer ist im Alpengebiet mehr ausgeprägt als im Karpatenbecken, wo von Juli auf Juli eine entschiedene Abnahme der Niederschlagszuversicht auftritt.

Die geringe Niederschlagszuversicht am Ende des Winters, am Anfang des Frühlings und im Mitte des Herbstes kann eigentlich dadurch erklärt werden dass dies eben die Zeitpunkte sind, zu welchen der Richtungswechsel der zwischen dem eurasiatischen Kontinent und dem Atlantischen Ozean bestehenden Monsoonzirkulation einsetzt, und zu diesen Übergangszeiten die Wirkungen der sonst dominanten kontinentalen bzw. ozeanischen Aktionszentren in eine Unsicherheit geraten, einen zufallsartigen Charakter erhalten. Der zufallsartig eintretende Wechsel der Einwirkungen dieser Aktionszentren widerspiegelt sich in diesen Monaten in den von Jahr zu Jahr launenhaft wechselnden Niederschlagsmengen und führt dadurch notwendigerweise zu einer Zunahme der Niederschlagsunsicherheit und des Quotienten B.

Im Sommer, wenn die Häufigkeit der vom Atlantischen Ozean herrührenden Luftströmungen und Frontensysteme zunimmt und auch die Konvektionsaktivität eine Zunahme erfährt, gelangt im Einzugsgebiet der Donau der niederschlagsreichste Teil des Jahres zur Ausbildung (in der östlichen Hälfte des Einzugsgebietes in Juni, im Alpengebiet und in den Nord-Karpaten in Juli). In diesen Monaten erreicht die Niederschlagszuversicht ihren höchsten Wert, hauptsächlich im Alpengebiet, das näher zum ozeanischen Aktionszentrum liegt.

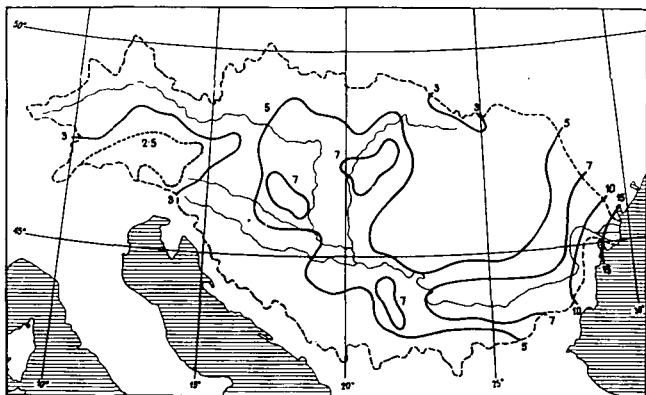
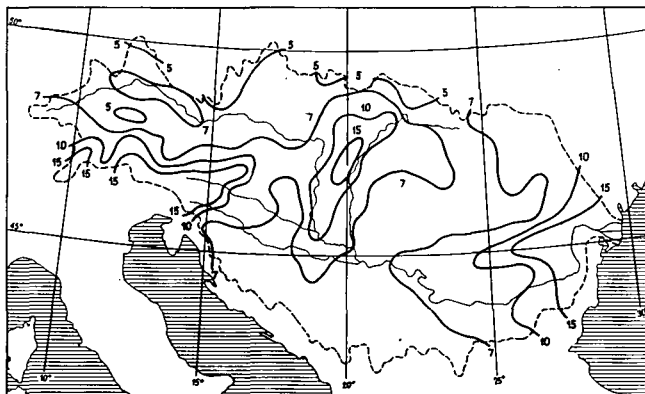
4. Einige charakteristische Züge des räumlichen System der Niederschlagszuversicht

Bei der Analyse der geographischen Verteilung des durch Formel (5) bestimmten Quotienten B wollen wir die Niederschlagszuversicht der Monatssummen zum Gegenstand unserer Untersuchungen machen. Die Wertgebiete der Quotienten bzw. die bei der kartenmässigen Darstellung verwendeten Ab

stufungen der Isolinien wurden im Falle von Monatssummen nach der folgenden Einteilung festgelegt: B geringer als 3, B zwischen 3 und 5, B zwischen 5 und 7, B zwischen 7 und 10, B zwischen 10 und 15, und endlich: B grösser als 15. Die geographische Verteilung dieser Werte wird nur für diejenigen Monate angegeben, welche nach *Tabelle 1* am meisten charakteristisch sind, namentlich) für Februar, Juli und Oktober (*Abb. 1—3*) sowie für die Jahressummen (*Abb. 4*).

In einem bedeutenden Teile des Einzugsgebietes der Donau findet man im Februar die veränderlichste, unsicherste Niederschlagsversorgung. Der Wert des Quotienten B ist in einem grossen Teile des Alpengebietes höher als 10, und in den Ötztaler und den Zillertaler Alpen und südlich von der Tauernkette höher als 15, was schon für eine ausgesprochene Unsicherheit der Niederschlagsversorgung charakteristisch ist. Ein Gebiet von ähnlicher Unsicherheit der Niederschlagsversorgung befindet sich in der Mitte des Karpatenbeckens in der Ungarischen Tiefebene, und weiter im östlichen Teile des Einzugsgebietes auf der süd-rumänischen Tiefebene und bei der Mündung der Donau. Das am meisten charakteristische Unsicherheitsgebiet des Niederschlages befindet sich südlich der Alpenkette, wo infolge der winterlichen Antizyklone über den Alpen (sog. Vojejkov'sche Hochdruckachse) im allgemeinen weniger Winter-niederschlag aufweisende Gebiete zur Zeit der fallweise auftretenden Verstär-

*Abb. 1. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Februar*



*Abb. 2. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Juli*

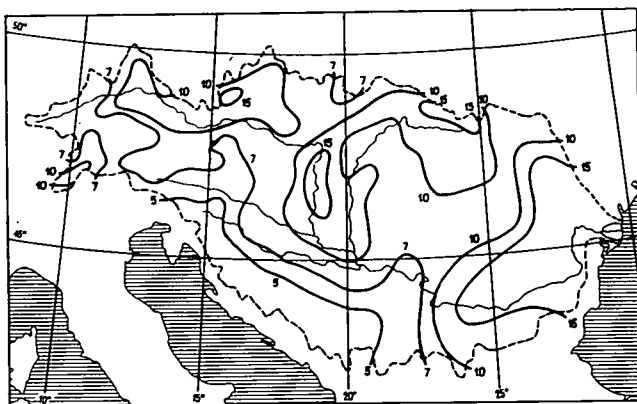
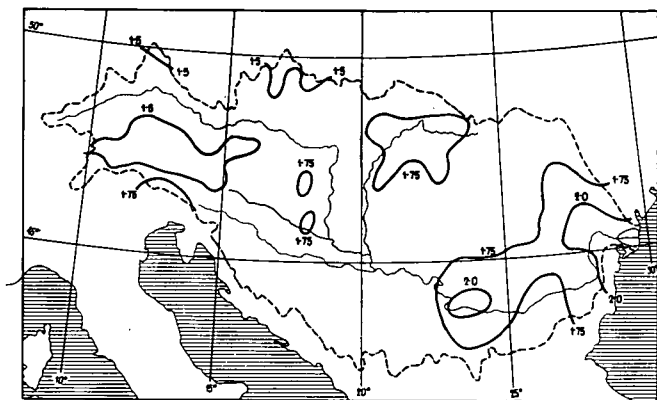


Abb. 3. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Oktober

Abb. 4. Geographische
Verteilung des Quotienten
B, Jahr



kungen der mediterranen zyklonalen Aktivität zwar in selteneren Fällen, aber sehr ausgiebige Winterniederschläge erhalten können. Dies wird schön belegt durch *Tabelle II*, in welcher die relativen Häufigkeiten der Monatssummen des Niederschlages in Februar für die beiden Stationen Oberdrauenburg (an der Südseite der Alpen) und München (im nördlichen Alpenvorland) dargestellt werden. Durch die Angaben dieser Tabelle wird ein grelles Licht auf die ausser-

Tabelle II.

*Relative Häufigkeiten verschiedener Werte der Niederschlagssummen
in Februar (%)*

	0—10 mm	11—30 mm	31—50 mm	51—75 mm	76—100 mm	101— 150 mm	151— 200 mm	mehr als 200 mm	Durch- schnitt	max.	min.
Oberdrau- enburg	20	24	10	11	9	12	7	7	69 mm	398 mm	0 mm
München	2	35	28	24	8	3	0	0	45 mm	144 mm	9 mm

ordentlich launenhafte Niederschlagsversorgung des südlichen Teils des Alpengebietes geworfen, welche aus den oben gesagten erklärt werden kann. Diese Erklärung wird auch dadurch bekräftigt, dass an der Nordseite des Gebirges, wo die Auswirkung der mediterranen Zyklonen nicht mehr zur Geltung kommt, die Niederschlagsunsicherheit eine viel geringere ist. Die Zone der unsicheren Niederschlagsversorgung erstreckt sich auch auf den Karpatenbecken, wo sie dann eine Ausbuchtung erfährt und bestimmt das Gebiet, wo die der Zugstrasse V/B folgenden mediterranen Zyklonen ihren Weg nach Nordosten einschlagen und in gewissen Fällen gewaltige Winterniederschläge liefern können.

In Juli hat man im Alpen- und Karpatengebiete eine gesicherte gleichmässige Niederschlagsversorgung, was aus dem Wert 3 des Quotienten B hervorgeht; man erhält sogar für ein ziemlich grosses Gebiet einen Wert von 2,5. Demgegenüber hat man im Inneren des Karpatenbeckens einen Wert, der höher als 7 ist, was auf eine weniger sichere Niederschlagsversorgung hinweist. In derselben spiegelt sich der Umstand, dass hier einerseits die mittelsommerlichen Niederschläge im Durchschnitt etwas kärglicher sind, doch kommen fallweise ausgiebige Regenfälle als eine Folge ozeanischer Einflüsse vor.

Oktober ist der Monat, welcher im mittleren und östlichen Teile des Einzugsgebietes der Donau die unsicherste Niederschlagsversorgung besitzt und die Verteilung der Werte B ist vielleicht zu dieser Zeit am mesiten charakteristisch. Das Auftreten des herbstlichen Niederschlagsmaximums mit grosser Zuverlässigkeit in der Umgebung des Adriatischen Meeres wird dadurch erwiesen, dass am südlichen Rande des Einzugsgebietes der Quotient einen verhältnismässig geringen Wert (unter 5) annimmt. Das fallweise auftretende Geltendwerden der mediterranen und atlantischen Zyklonentätigkeit, durch welche die mehr ausgiebige herbstliche Niederschläge hervorgerufen werden, und die damit verbundene hochgradige Niederschlagsunsicherheit wird dadurch ausgedrückt, dass in der östlichen Hälfte des Bayrischen Beckens, im Mährischen Becken, sowie in der Mitte und am nordöstlichen Rande des Karpatenbeckens, Werte des Quotienten B auftreten, welche zwischen 10 und 15 liegen. Ausserdem spielen in der Ausgestaltung des Gebietes an den südwestlichen Hängen der Nordöstlichen Karpaten auch die orographischen Faktoren eine wesentliche Rolle, zumal hier die Niederschlagsaktivität der von Südwesten heranziehenden mediterranen Zyklonen durch die orographische Hebung kräftig unterstützt wird.

Freilich sind die Quotienten B im Falle der Jahressummen des Niederschlages bedeutend geringer als im Falle der Monatssummen. Der Grund soll darin gesucht werden, dass ein langwieriges Bestehen der Zirkulationslagen, welche zu einer einseitigen Verschiebung der Niederschlagsverhältnisse führen, nicht wahrscheinlich ist, und innerhalb eines Jahres die Tendenz zu einem Ausgleich der Extremitäten sicherlich zur Geltung kommen wird. Bei den Jahressummen des Niederschlages erhält man B-Werte zwischen 1,4 und 2,2 und als eine allgemeine Tendenz kann es beobachtet werden, dass die Unsicherheit der Niederschlagsversorgung parallel zum Geltendwerden der kontinentalen klimatischen Einflüsse von Westen nach Osten zunehmen, und ausserdem gibt es eine lokale Verstärkung im Inneren des Karpatenbeckens.